韓藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 19(4) : 257 – 263 (2011)

# 열처리에 따른 돼지감자 Methanol 추출물의 항산화 및 α-glucosidase 저해 효과

정현주*# · 김주성**# · 사여진* · 김명옥* · 양금봉* · 김명조***†

*강원대학교 농업생명과학대학 식물자원응용공학과, **제주대학교 생물산업학부 식물자원환경전공,
***강원대학교 한방Bio연구소

# Antioxidant Activity and α-Glucosidase Inhibitory Effect of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*) Methanol Extracts by Heat Treatment Conditions

**Hyeon Ju Jeong*#, Ju Sung Kim**#, Yeo Jin Sa*, Myeong Ok Kim*, Jinfeng Yang* and Myong Jo Kim***†**

**Department of Applied Plant Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.*
***Majors in Plant Resource Sciences and Environment, College of Applied Life Sciences, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea.*
****Oriental Bio-herb Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.*

**ABSTRACT : This study investigated the changes of antioxidant activity and α-glucosidase inhibitory effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) 100% methanol extracts by various heat treatment. The contents of total phenolic and flavonoid compounds in methanol extract tended to increased gradually with the rise of temperature to 180℃. The maximum yield of gallic acid (51.52 ± 2.17 ㎎/g extract weight) and quercetin (13.39 ± 0.03 ㎎/g extract weight) were obtained with extraction temperature of 180℃ for 120min. In addition, the improving extraction efficiency resulted in the increased biological activities, such as electronic donation ability (EDA, 90.36 ± 0.57%), reducing power (Abs 1.14) and α-glucosidase inhibitory effect (92.14 ± 1.14%). Overall, the results of this study indicate that the optimum conditions for the extraction process were an extraction temperature at 180℃ for 120 min, and will provide the basis for future research on the improving extraction yield of phenolic and flavonoid compounds.**

***Key Words*** **:** HPLC Analysis, Antioxidant Activity, α-Glucosidase Inhibitory Effect, Heat Treatment, *Helianthus tuberosus*

## 서 언

현재 수많은 식품소재들의 건강증진효능 및 질병예방효과가 밝혀지면서 소비자들은 과거 식품이 갖는 영양소 공급을 위한 1차적 기능을 넘어 식품의 생리활성 측면에 대한 관심이 증대되고 있으며 식물성 소재 및 약용식물을 이용한 다양한 기능성 식품이 연구 또는 출시되고 있다 (Hong *et al*., 2008). 이러한 기능성 식품은 유해물질의 중화, 해독, 배설과 혈압, 혈당 및 콜레스테롤의 감소, 비만방지 및 다이어트뿐만 아니라 생체방어, 면역, 노화 억제 등의 생체조절기능을 나타내고 있다 (Kim *et al*., 2004). 그 중 대표적 기능성인 항산화 활성은 생체 내에서 DNA 손상, 암 유발, 노화 등 다양한 질병의 원인과 관련성이 있는 유리자유기에 의한 손상을 방지함으로써 생체를 보호하는 중요한 역할로 주목 받고 있다 (Park *et al*., 2009b). 또한 항당뇨 활성은 체내 포도당의 혈당 조절이 정상적으로 일어나지 않아 발생하는 질병인 당뇨병을 억제함으로써 고혈당 (hyperglycemia) 뿐만 아니라 고지혈증 (hyperlipidemia), 저인슐린증 (hyperinulinemia) 혹은 고혈압 (hypertension), 동맥경화 (atherosclerosis) 등과 같은 많은 합병증의 유발을 감소시키는 중요한 기능으로 주목 받고 있다 (Kim *et al*., 2008a). 이러한 당뇨병을 치료하기 위해 체중조절, 식이요법, 인슐린, sulfonnyl urea제 그리고 biguanide제와 같은 치료제가 있지만 부작용이 적으면서 우수한 효과를 기대할 수 있는 천연물을 이용한 새로운 항당뇨 식이 개발이 요구되는 실정이다 (Cho *et al*., 2007a).

돼지감자 (*Helianthus tuberosus* L.)는 국화과 해바라기속의 북아메리카가 원산지인 다년생 식물로 우리나라의 기후조건에 맞아 전국 각지에 자생하고 있다. 돼지감자의 주 성분은 fructose 중합체 (fructose 분자들이 β-2,1결합으로 연결)인 inulin이며 (Jhon and Kim, 1988), 이는 돼지감자 괴경 건물

†Corresponding author: (Phone) +82-33-250-6413, (E-mail) kimmjo@kangwon.ac.kr
#Hyeon Ju Jeong and Ju Sung Kim are contributed equally to this work.
Received 2011 July 8 / 1st Revised 2011 August 16 / 2nd Revised 2011 August 18 / Accepted 2011 August 19

(dry weight)의 약 75%를 차지한다 (Kim *et al*., 2010a). 이러한 inulin은 돼지감자를 비롯하여 치커리, 야콘, 다알리아 등의 식물의 괴경에 함유되어 있는 식이섬유로, 변비개선, 장 질환 예방, 혈청 콜레스테롤 감소, 혈중 지질저하 및 혈당강하효과 등이 있다고 보고되었다 (Kim *et al*., 2010b).

현재까지 돼지감자의 연구는 prebiotic의 효능, 돼지감자로부터의 inulin 추출, 가수분해 물질 생산 및 에탄올 발효 등이 대부분이며 (Jhon and Kim, 1988; Chae and Chol, 1991; Rosengard and Cochrane, 1983), 돼지감자의 생리활성에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 열처리에 따른 돼지감자의 추출 수율과 총 페놀 및 플라보노이드 함량, 항산화 및 항당뇨 활성의 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료의 가공조건 및 추출

돼지감자의 열 처리 조건은 Table 1에 나타냈으며, 각각의 샘플은 methanol에 침지하여 상온에서 sonicator (Sonic 420, Hwashin, Seoul, Korea)를 이용해 1시간씩 3회 추출하였다. 추출물은 여과지를 사용하여 여과한 후 45℃ (NE-Series, Eyela, Tokyo, Japan)로 농축시킨 후 동결 건조하여 실험에 사용하였다.

### 2. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

돼지감자 methanol추출물의 총 페놀 함량은 Taga 등 (1984)에 의해 보고된 Folin-ciocalteau방법을 사용하였다. 시료 0.1 ㎖, Folin-ciocalteu reagent 0.05 ㎖ 및 20% sodium carbonate 0.3 ㎖를 혼합하였다. 15분 후 증류수 1 ㎖를 넣어 첨가한 후 UV-vis spectrophotometer (V-530, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 725 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 화합물 함량은 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성한 다음 정량하여 GAE (gallic acid equivalents)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 Moreno 등 (2000)의 방법을 변형

**Table 1.** Extraction yields, total phenolic and total flavonolic content of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) methanol extracts by heat treatment conditions.

| Heat treated condition | | Extraction yield | Total phenol content | Total flavonoid content |
|---|---|---|---|---|
| Temperature (℃) | Time (min) | (%)[1)] | (㎎ GAE/g)[2)] | (㎎ QE/g)[3)] |
| No treatment | | 17 | 2.05±0.57 | 3.30±0.19 |
| 50 | 10 | 19.32$^{a}$ | 2.42±1.97$^{a}$ | 3.44±0.21$^{a*}$ |
| | 30 | 19.88$^{a}$ | 3.01±1.07$^{a}$ | 3.49±0.18$^{a}$ |
| | 60 | 15.27$^{b}$ | 3.57±2.52$^{a}$ | 3.81±0.73$^{a}$ |
| | 90 | 18.39$^{a}$ | 2.87±2.66$^{a}$ | 3.17±0.48$^{a}$ |
| | 120 | 18.71$^{a}$ | 3.07±3.61$^{a}$ | 3.44±0.52$^{a}$ |
| 100 | 10 | 19.67$^{b}$ | 2.46±1.35$^{b}$ | 4.30±0.63$^{ab}$ |
| | 30 | 24.07$^{a}$ | 4.52±1.16$^{a}$ | 4.51±0.36$^{a}$ |
| | 60 | 19.07$^{bc}$ | 4.76±3.23$^{a}$ | 3.78±0.55$^{abc}$ |
| | 90 | 17.63$^{c}$ | 4.09±0.99$^{ab}$ | 3.52±0.40$^{bc}$ |
| | 120 | 19.52$^{bc}$ | 2.77±1.34$^{b}$ | 3.27±0.33$^{c}$ |
| 150 | 10 | 19.79$^{cd}$ | 1.82±0.81$^{e}$ | 3.42±0.43$^{c}$ |
| | 30 | 19.26$^{d}$ | 3.50±1.36$^{d}$ | 3.66±0.52$^{c}$ |
| | 60 | 21.48$^{c}$ | 6.87±0.58$^{c}$ | 3.74±0.10$^{bc}$ |
| | 90 | 26.53$^{a}$ | 14.51±2.13$^{a}$ | 5.54±0.28$^{a}$ |
| | 120 | 24.71$^{b}$ | 11.02±0.62$^{b}$ | 4.33±0.27$^{b}$ |
| 180 | 10 | 16.21$^{c}$ | 2.54±1.12$^{d}$ | 4.13±0.17$^{d}$ |
| | 30 | 17.71$^{c}$ | 4.41±1.19$^{d}$ | 3.84±0.13$^{d}$ |
| | 60 | 23.67$^{ab}$ | 18.44±0.77$^{c}$ | 5.92±0.37$^{c}$ |
| | 90 | 30.91$^{a}$ | 40.01±0.93$^{b}$ | 10.96±0.21$^{b}$ |
| | 120 | 21.16$^{bc}$ | 51.52±2.17$^{a}$ | 13.39±0.03$^{a}$ |
| 200 | 10 | 21.41$^{b}$ | 7.73±2.69$^{b}$ | 3.73±0.17$^{b}$ |
| | 30 | 29.65$^{a}$ | 21.51±3.78$^{a}$ | 7.08±0.41$^{a}$ |

[1)] Extraction yield (%) : weight of dry soluble solid (g)/ weight of sample (g) × 100. [2)] Total phenol content analysed as gallic acid equivalent (GAE) ß²/g of extract, values are the mean±standard derivation of triplicates. [3)] Total flavonoid content analysed as equivalent (QE) ㎎/g of extract, values are the mean±standard derivation of triplicates. *Each value represents the mean±SD, and means significantly different by paired Duncan's at $p < 0.05$.

하여 측정하였다. 1 ㎎/㎖ 농도의 methanol 추출물 0.5 ㎖에 10% aluminum nitrate 0.1 ㎖, 1 M potassium acetate 0.1 ㎖ 그리고 80% ethanol 4.3 ㎖를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 안정화시킨 다음 415 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 이용하여 검량선을 작성한 다음 QE (quercetin equivalents)로 나타내었다.

### 3. 전자공여능 (Electron donating ability, EDA)

돼지감자 methanol 추출물의 전자공여능은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. Methanol 4 ㎖에 농도별로 시료를 첨가한 후 0.15 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 1 ㎖를 혼합하여 실온에서 30분간 안정화시킨 다음 UV-vis spectrophotometer로 517 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. Sample 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율 (%)로 표시하여 전자공여능을 측정하였으며 아래와 같이 계산하였다.

$$EDA\ (\%) = (1 - ABS_{sample} / ABS_{control}) \times 100$$

$ABS_{sample}$: Absorbance of the experimental sample

$ABS_{control}$: Absorbance of the control

### 4. 환원력 측정 (Reducing power)

Reducing power는 Oyaizu (1986)의 방법을 변형하여 측정하였다. 돼지감자 methanol 추출물을 농도별로 처리한 후에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 500 ㎕, 1% potassium fefficyanide 500 ㎕를 각각 혼합하여 50℃ 20분 동안 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid 2.5 ㎖를 가하였다. 위 반응액을 650 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상층액 500 ㎕에 증류수 500 ㎕, 1% ferric chloride 100 ㎕를 가하여 혼합한 반응액의 흡광도 값을 700 ㎚에서 측정하였다.

### 5. α-Glucosidase 저해 효과

각각의 돼지감자 methanol 추출물 50 ㎕를 0.2 U/㎖ α-glucosidase 효소액 50 ㎕, 200 mM potassium phosphate buffer (pH 6.8) 50 ㎕와 혼합하여 37℃ 15분간 배양한 후 3 mM *p*NPG (*p*-nitrophenyl α-D-glucopyranoside) 100 ㎕를 가하여 37℃ 10분간 반응시켰다. 0.1 M sodium carbonate 750 ㎕로 반응을 정지시키고 405 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. Sample 무첨가구는 negative control로, 기질 무첨가구는 blank로, acarbose는 positive control로 사용하였다. α-Glucosidase 저해활성은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Inhibition rate}\ (\%) = \{ABS_{control} - (ABS_{sample} - ABS_{blank}) / ABS_{control}\} \times 100$$

$ABS_{sample}$: Absorbance of the experimental sample

$ABS_{blank}$: Absorbance of the blank

$ABS_{control}$: Absorbance of the control

### 6. 통계처리

실험결과는 평균값 ± 표준편차 (mean ± SD)로 나타냈으며, 각 실험군의 통계처리는 3회 반복처리 하였다. 통계분석은 분산분석 (ANOVA)과 Duncan의 다중범위 검정을 통해 실시하였다 ($p < 0.05$).

## 결과 및 고찰

### 1. 추출 수율 및 총 페놀과 플라보노이드 함량

돼지감자의 추출물은 열처리 조건에 의해 15.27~30.91%의 추출 수율을 나타냈으며, 180℃, 90분 추출조건에서 30.91%로 가장 높게 나타났다 (Table 1). 돼지감자 methanol 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 1에 나타내었다. 50 및 100℃의 온도조건에서는 60분 처리까지 페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하였으며, 그 후로는 감소하는 경향을 보였고, 150℃ 조건에서는 90분 처리까지 증가하였으나 120분 처리시 감소하는 경향을 보였다. 한편 180℃의 조건에서는 처리시간의 증가와 함께 페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하는 경향을 보였으며, 200℃ 처리에서는 180℃에 비하여 급격히 감소되는 경향을 보였다. 총 페놀 함량은 180℃, 120분 처리구에서 51.52 ± 2.17 ㎎ GAE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 50 및 100℃에서의 함량보다 180~200℃에서 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 50 및 100℃의 저온 열처리 조건에서는 열에 대한 안정성을 보여주는 반면 (Kim *et al*., 2009a), 180~200℃의 고온 열처리 조건에서는 폴리페놀 화합물이 열에 의해 추출되어 수율이 높아졌기 때문으로 생각된다 (Ryu *et al*., 1997; Hong *et al*., 1998). 총 플라보노이드 함량은 3.27~13.39 ㎎ QE/g을 나타내었으며, 180℃, 120분 처리구에서 13.39 ± 0.03 ㎎ QE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 홍 등 (1998)의 치커리 및 유 등 (1997)의 둥글레에서 가열 온도 및 시간이 증가할수록 페놀성 화합물의 함량이 증가하고, 이는 가열 조건에 따라 페놀성 화합물이 쉽게 추출되어 나올 수 있으며 불용성인 페놀성 화합물이 고분자 화합물로부터 분리되어 유리 페놀성 화합물로 분해되기 때문이라는 보고와 일치하는 결과를 보여주었다

### 2. 전자공여능

유리 라디칼은 생물학적 손상의 주요 요인으로 잘 알려져 있는데, DPPH는 천연 항산화제의 유리 라디칼 소거능을 평가하는데 일반적으로 사용된다 (Yokozawa *et al*., 1998). 보랏빛을 나타내는 DPPH는 항산화제와의 반응에 의해 안정한 화합물로 변하면 노란색으로 변한다. 이러한 반응의 정도는 항산화제의 수소 공여능에 의존한다 (Bondent *et al*., 1997).

열처리에 따른 돼지감자 methanol 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 50, 100, 200 ㎍/㎖ 농도로 측정한 결과는

**Table 2.** Changes of electron donation ability of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) methanol extracts by heat treatment conditions ($p < 0.05$).

| Heat treated condition | | EDA (%)[1)] | | |
|---|---|---|---|---|
| Temperature (℃) | Time (min) | 50 ㎍/㎖ | 100 ㎍/㎖ | 200 ㎍/㎖ |
| No treatment | | 22.46±3.92 | 44.47±2.47 | 86.20±1.83* |
| 50 | 10 | 19.07±2.46$^{a}$ | 39.63±1.62$^{a}$ | 79.83±1.41$^{a}$ |
| | 30 | 16.91±1.72$^{ab}$ | 38.59±0.69$^{a}$ | 80.46±2.79$^{a}$ |
| | 60 | 14.34±0.50$^{b}$ | 34.52±0.78$^{b}$ | 73.64±1.14$^{b}$ |
| | 90 | 14.49±2.90$^{b}$ | 35.21±1.52$^{b}$ | 72.25±1.66$^{b}$ |
| | 120 | 14.81±2.97$^{b}$ | 34.78±1.06$^{b}$ | 73.21±3.06$^{b}$ |
| 100 | 10 | 16.43±1.87$^{a}$ | 34.82±1.92$^{b}$ | 75.96±1.67$^{ab}$ |
| | 30 | 15.08±2.95$^{a}$ | 34.08±2.41$^{b}$ | 73.10±2.60$^{b}$ |
| | 60 | 16.16±1.68$^{a}$ | 36.24±1.35$^{ab}$ | 75.66±1.31$^{ab}$ |
| | 90 | 17.13±1.31$^{a}$ | 35.52±2.48$^{ab}$ | 76.57±1.98$^{ab}$ |
| | 120 | 18.41±1.37$^{a}$ | 38.13±0.96$^{a}$ | 76.81±1.18$^{a}$ |
| 150 | 10 | 20.24±2.30$^{a}$ | 37.64±2.30$^{b}$ | 73.58±3.71$^{b}$ |
| | 30 | 19.16±2.01$^{a}$ | 38.50±3.07$^{ab}$ | 78.90±2.15$^{a}$ |
| | 60 | 21.82±0.09$^{a}$ | 44.97±5.30$^{a}$ | 82.25±1.18$^{a}$ |
| | 90 | 22.85±2.70$^{a}$ | 44.14±2.81$^{ab}$ | 78.27±1.87$^{a}$ |
| | 120 | 22.05±1.74$^{a}$ | 45.14±3.14$^{a}$ | 78.42±1.24$^{a}$ |
| 180 | 10 | 21.50±3.18$^{c}$ | 43.32±2.75$^{c}$ | 84.61±1.09$^{b}$ |
| | 30 | 26.48±3.54$^{c}$ | 49.16±3.67$^{c}$ | 86.61±1.10$^{b}$ |
| | 60 | 34.93±1.44$^{b}$ | 60.57±4.62$^{b}$ | 90.89±0.67$^{a}$ |
| | 90 | 47.66±2.68$^{ab}$ | 77.94±0.50$^{ab}$ | 90.79±0.32$^{a}$ |
| | 120 | 61.01±1.52$^{a}$ | 88.41±0.69$^{a}$ | 90.36±0.57$^{a}$ |
| 200 | 10 | 21.91±2.48$^{b}$ | 42.67±3.60$^{b}$ | 82.20±1.01$^{b}$ |
| | 30 | 28.09±1.93$^{a}$ | 53.03±1.54$^{a}$ | 84.29±1.44$^{a}$ |
| BHT | | 58.05±2.29 | 79.59±2.84 | 93.61±0.51 |

[1)]EDA (%) = (1 – $ABS_{sample}$ / $ABS_{control}$) × 100, $ABS_{sample}$: Absorbance of the experimental sample
$ABS_{control}$: Absorbance of the control. *Each value represents the mean±SD, and means significantly different by paired Duncan's at $p < 0.05$.

Table 2에 나타내었다. 페놀 및 플라보노이드 함량의 결과와 유사하게, 50 및 100℃의 처리구보다 150~200℃ 처리구에서 높은 전자공여능을 나타내었다. 특히 180℃, 120분 처리구에서 가장 높게 나타났다. 송 (1996)은 참깨의 볶음조건을 달리하여 착유한 참기름의 전자공여능을 측정한 결과 볶음 온도가 높아질수록 전자공여작용이 증가된다고 보고하였다. 본 연구에서도 온도가 높아질수록 전자공여작용이 증가하는 것을 확인할 수 있었고 이러한 경향은 페놀성 화합물의 함량과 유사한 결과로써 총 페놀성 성분이 높게 나타난 180~200℃를 처리한 돼지감자에서 항산화력도 높은 것으로 밝혀졌다 (Table 1). 김 등 (2008b)에 의하면 페놀화합물이 항산화 활성을 나타내는 대표적인 화합물로 열처리에 따른 페놀화합물의 증가로 항산화 효과가 증가되었을 것이라고 보고하였다. 한편, 김 등 (2011)은 돼지감자를 초고압 처리하였을 때, 대조구보다 페놀 함량은 증가하였으나 항산화 능력은 감소하는 결과를 보고하였다. 이는 열처리와 초고압 처리에 의해 추출 되는 페놀 성분이 달라서 나타나는 현상으로 판단된다.

### 3. 환원력

열처리에 따른 돼지감자 methanol 추출물의 환원력을 측정한 결과는 Table 3에 나타내었다. 시료의 환원력은 환원물질이 제공하는 수소 원자가 자유 라디칼 사슬을 분해함으로써 반응이 시작되는데, 이때 흡광도의 값 자체가 시료의 환원력을 나타내게 된다 (Cho *et al*., 2007b). 환원력 결과 역시 페놀 및 플라보노이드 함량, 그리고 전자공여능 결과와 유사하게 나타났다. 50 및 100℃ 처리조건에서는 무처리구와 차이를 보이지 않았지만, 150~200℃ 처리구에서는 무처리구보다 높은 활성을 보였다. 돼지감자 추출물 150 ㎕를 처리하였을 때, BHT ($Abs_{700}$ = 2.00)보다는 낮게 나타났지만 1.14의 높은 흡광도 값을 나타내었다. 또한 농도가 증가함에 따라 환원력 역시 증가하는 결과를 보였으며, 이는 김 등 (2010c)의 결과와 유사하게 나타났다. 방 등 (2009)은 페놀성 화합물이 가용성 식물류에 널리 분포하는 것으로 항산화능을 포함한 다양한 생물학적 효능을 나타내고 이는 주로 산화 · 환원력에 의한 것이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 페놀성 화합물이 다량

**Table 3.** Reducing power activity of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) methanol extracts by heat treatment conditions.

| Heat treated condition | | Reducing power | | |
|---|---|---|---|---|
| Temperature (℃) | Time (min) | 50 ㎕ | 100 ㎕ | 150 ㎕ |
| No treatment | | 0.26±0.01 | 0.43±0.03 | 0.58±0.02 |
| 50 | 10 | 0.26±0.01$^{ab}$ | 0.43±0.03$^{a}$ | 0.62±0.01$^{a*}$ |
| | 30 | 0.28±0.00$^{a}$ | 0.44±0.03$^{a}$ | 0.63±0.02$^{a}$ |
| | 60 | 0.25±0.01$^{b}$ | 0.41±0.02$^{a}$ | 0.57±0.02$^{b}$ |
| | 90 | 0.26±0.01$^{ab}$ | 0.40±0.02$^{a}$ | 0.55±0.02$^{b}$ |
| | 120 | 0.25±0.01$^{ab}$ | 0.40±0.02$^{a}$ | 0.58±0.01$^{b}$ |
| 100 | 10 | 0.27±.0.00$^{ab}$ | 0.43±0.03$^{a}$ | 0.55±0.04$^{a}$ |
| | 30 | 0.26±0.01$^{b}$ | 0.41±0.03$^{a}$ | 0.55±0.02$^{a}$ |
| | 60 | 0.28±0.01$^{a}$ | 0.44±0.04$^{a}$ | 0.59±0.03$^{a}$ |
| | 90 | 0.27±0.01$^{ab}$ | 0.42±0.01$^{a}$ | 0.51±0.09$^{b}$ |
| | 120 | 0.28±0.01$^{a}$ | 0.41±0.02$^{a}$ | 0.58±0.03$^{a}$ |
| 150 | 10 | 0.26±0.01$^{c}$ | 0.43±0.04$^{a}$ | 0.55±0.06$^{b}$ |
| | 30 | 0.28±0.01$^{c}$ | 0.43±0.01$^{a}$ | 0.60±0.03$^{ab}$ |
| | 60 | 0.31±0.01$^{b}$ | 0.46±0.05$^{a}$ | 0.61±0.04$^{ab}$ |
| | 90 | 0.34±0.02$^{a}$ | 0.46±0.05$^{a}$ | 0.66±0.05$^{a}$ |
| | 120 | 0.35±0.01$^{a}$ | 0.44±0.02$^{a}$ | 0.67±0.04$^{a}$ |
| 180 | 10 | 0.27±0.01$^{d}$ | 0.42±0.01$^{d}$ | 0.56±0.06$^{b}$ |
| | 30 | 0.30±0.01$^{d}$ | 0.42±0.02$^{d}$ | 0.57±0.09$^{b}$ |
| | 60 | 0.44±0.01$^{c}$ | 0.59±0.01$^{c}$ | 0.72±0.14$^{b}$ |
| | 90 | 0.63±0.03$^{b}$ | 0.86±0.08$^{b}$ | 1.06±0.09$^{a}$ |
| | 120 | 0.69±0.05$^{a}$ | 0.86±0.08$^{a}$ | 1.14±0.04$^{a}$ |
| 200 | 10 | 0.32±0.01$^{b}$ | 0.46±0.03$^{b}$ | 0.66±0.04$^{a}$ |
| | 30 | 0.44±0.01$^{a}$ | 0.60±0.01$^{a}$ | 0.75±0.10$^{a}$ |
| BHT | | 1.42±0.20 | 1.44±0.08 | 2.00±0.17 |

*Each value represents the mean±SD, and means significantly different by paired Duncan's at $p < 0.05$.

**Table 4.** α-Glucosidase inhibitory effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) methanol extracts by heat treatment conditions ($p < 0.05$).

| Heat treated condition | | Inhibition (%)[1)] | |
|---|---|---|---|
| Temperature (℃) | Time (min) | 50 ㎍/㎖ | 500 ㎍/㎖ |
| No treatment | | 6.04±1.85 | 18.46±5.24 |
| 50 | 10 | 5.43±1.51$^{a}$ | 18.07±0.50$^{b*}$ |
| | 30 | 6.22±1.04$^{a}$ | 18.77±3.76$^{ab}$ |
| | 60 | 7.20±0.81$^{a}$ | 20.60±0.40$^{ab}$ |
| | 90 | 9.01±3.52$^{a}$ | 17.78±0.39$^{b}$ |
| | 120 | 8.52±1.50$^{a}$ | 22.00±2.18$^{a}$ |
| 100 | 10 | 6.27 ±1.23$^{a}$ | 14.16±4.05$^{b}$ |
| | 30 | 6.58±1.80$^{a}$ | 17.55±0.80$^{ab}$ |
| | 60 | 7.37±2.03$^{a}$ | 20.55±2.83$^{ab}$ |
| | 90 | 9.08±3.41$^{a}$ | 23.68±0.78$^{a}$ |
| | 120 | 8.08±3.23$^{a}$ | 21.00±4.25$^{ab}$ |
| 150 | 10 | 6.89±3.33$^{a}$ | 18.19±2.74$^{b}$ |
| | 30 | 7.43±4.27$^{a}$ | 20.64±5.42$^{b}$ |
| | 60 | 7.50±1.74$^{a}$ | 23.02±5.80$^{b}$ |
| | 90 | 12.71±2.37$^{a}$ | 37.91±2.35$^{a}$ |
| | 120 | 11.02±3.40$^{a}$ | 41.67±1.83$^{a}$ |
| 180 | 10 | 6.02±1.34$^{d}$ | 13.74±3.19$^{d}$ |
| | 30 | 10.58±1.06$^{d}$ | 15.72±1.26$^{d}$ |
| | 60 | 13.91±3.78$^{c}$ | 53.75±2.11$^{c}$ |
| | 90 | 36.16±1.98$^{b}$ | 82.37±1.25$^{b}$ |
| | 120 | 58.03±1.61$^{a}$ | 92.14±1.14$^{a}$ |
| 200 | 10 | 10.83±2.43$^{b}$ | 23.14±1.96$^{c}$ |
| | 30 | 14.97±0.94$^{ab}$ | 62.87±3.40$^{b}$ |
| Acarbose | | 98.05±0.60 | 101.09±0.30 |

[1)]Inhibition rate (%) = { $ABS_{control}$ – ($ABS_{sample}$ – $ABS_{blank}$) / $ABS_{control}$} × 100, $ABS_{sample}$: Absorbance of the experimental sample, $ABS_{blank}$: Absorbance of the blank, $ABS_{control}$: Absorbance of the control. *Each value represents the mean±SD, and means significantly different by paired Duncan's at $p < 0.05$.

함유된 180℃, 120분을 처리한 돼지감자에서 환원력이 우수한 결과를 나타냄을 확인할 수 있었다.

### 4. α-Glucosidase 저해 효과

α-Glucosidase는 소장의 brush-border membrane에 존재하는 소화효소로서 이당류나 다당류 형태의 탄수화물이 소화 흡수되기 위하여 단당류로 가수분해하는 역할을 하며, α-glucosidase에 대한 저해능은 포도당의 흡수를 억제시켜, 식후 혈당상승을 감소시킨다 (Kim *et al*., 2009b; Park *et al*., 2009a). 열처리에 따른 돼지감자 methanol 추출물을 50, 500 ㎍/㎖의 α-glucosidase저해 효과를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 돼지감자의 열 처리 온도가 증가함에 따라 항당뇨 활성이 증가하는 현상을 보였으며, 또한 처리 시간이 증가함에 따라 활성이 증가하는 현상을 보였다. 또한, 추출물의 농도가 증가함에 따라 항당뇨 활성이 증가하는 현상을 나타냈으며, 500 ㎍/㎖ 처리시, 180℃에서 120분 조건에서 92.14 ± 1.14%로 가장 높은 억제효과를 보였다. 비록 positive control로 사용한 acarbos (101%)와 비교하여 낮은 활성을 나타내었으나, 활성 물질을 추적하여 분리한다면 활성이 그와 유사하거나 높게 나타나리라 예상된다. 또한 김 등 (2010a)의 보고에 따르면 돼지감자 추출물이 췌장 β세포를 보호하여 혈당 조절 및 당뇨에 효과적이라고 하였다. 따라서 열처리에 따른 돼지감자 추출물로부터 높은 억제 효과를 나타내는 열처리 조건 탐색 및 물질 분리 정제를 통해 α-glucosidase 저해제를 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 강원도 인제군이 지원한 연구비에 의하여 수행된 연구결과로 이에 감사 드립니다.

## LITERATURE CITED

**Bang JE, Choi HY and Kim SI.** (2009). Anti-oxidative activity and chemical composition of various *Heracleum moellendorffii* Hance extracts. Korean Journal of Food Preservation. 16:765-771.

**Blois MS.** (1958). Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature. 181:1199-1200.

**Bondent V, Brand-Williams W and Bereset C.** (1997). Kinetics and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical methods. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 30:609-615.

**Chae EM and Chol EH.** (1991). Optimization for alcohol fermentation by *Kluyveromyces marxianus* using Jerusalem artichoke powder. Journal of Microbiology and Biotechnology. 19:265-271.

**Cho HS, Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Cho HS, Lee HJ and Sung NJ.** (2007b). Antioxidative activity and nitrite scavenging effect of the composites containing medicinal plant extracts. Journal of Life Sciences. 17:1135-1140.

**Cho YJ, Ju IS, Kim BC, Lee WS, Kim MJ, Lee BG, An BJ, Kim JH and Kwon OJ.** (2007a). Biological activity of omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extracts. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 50:198-203.

**Hong JH, Kim HJ, Choi YH and Lee IS.** (2008). Physiological activities of dried persimmon, fresh persimmon and persimmon leaves. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 37: 957-964.

**Hong MJ, Lee GD, Kim HK and Kown JH.** (1998). Changes in functional and sensory properties of chicory roots induced by roasting process. Korean Journal of Food Science and Technology. 30:413-418.

**Jhon DY and Kim MH.** (1988). Studies inulase from Jerusalem artichoke. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 17:205-210.

**Kim AR, Lee JJ, Lee YM, Jung HO and Lee MY.** (2010b). Cholesterol-lowering and anti-obesity effects of polymnia *Sonchifolia* poepp. & Endl. Powder in rats fed a high fat-high cholesterol diet. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 39:210-218.

**Kim D, Fan JP, Chung HC and Han GD.** (2011). Changes in extractability and antioxidant activity of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers by various high hydrostatic pressure treatments. Food Science and Biotechnology. 19:1365-1371.

**Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR and Jeong HS.** (2008b). Effect of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. Korean Journal of Food Science and Technology. 40:166-170.

**Kim JE, Joo SI, Seo JH and Lee SP.** (2009b). Antioxidant and α-glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 38:989-995.

**Kim JL, Bae CR and Cha YS.** (2010a). *Helianthus tuberosus* extract has anti-diabetes effects in HIT-T15 cells. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 39:31-35.

**Kim JP, Chon IJ, Cho HK, Ham IH and Whang WK.** (2004). The antioxidant and the antidiabetic effects of ethanol extract from biofuntional foods prescriptions. Korean Journal of Pharmacognosy. 35:98-103.

**Kim KH, Roh SG, Li CR, Jin CF, Kim A and Choi WC.** (2008a). Anti-diabetic effects of banaba leaf extracts (*Lagerstroemia speciosa* Pers.) through solvents. Journal of Life Sciences. 18:1305-1311.

**Kim MJ, Choi JS, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Lee SJ, Kim SJ, Yoon SY, Jeon YJ and Ahn DH.** (2009a). Effects of heat and pH treatments on antioxidant properties of *Ishige okamurai* extract. Korean Journal of Food Science and Technology. 41:50-56.

**Kim MO, Kim JS, Sa YJ, Jeong HJ, Chun WJ, Kwon YS, Kim TY, Cho HS, Yu CY and Kim MJ.** (2010c). Screening of extraction solvent condition of fermented *Rhus verniciflua* stem bark by antioxidant activities. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:217-223.

**Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR and Vattuone MA.** (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. Journal of Ethnopharmacology. 71:109-114.

**Oyaizu M.** (1986). Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Japanese Journal of Nutrition. 44: 307-315.

**Park JH, Baek MR, Lee BH, Yon GH, Ryu SY and Kim YS.** (2009a). α-Glucosidase and α-amylase inhibitory activity of compounds from roots extract of *Pueraria thunbergiana*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:357-362.

**Park SJ, Song SW, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Ahn JH, Yoon WB and Lee HY.** (2009b). Biological activities in the extract of fermented *Codonopsis lanceolata*. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 38:983-988.

**Rosengard BR and Cochrane DE.** (1983). Complement-mediated cytolysis: A quick, simple method for determining levels of immunoglobulin E bound to mast cells. Journal of Histochemistry and Cytochemistry. 31:441-444.

**Ryu KC, Chung HW, Lee GD and Kwon JH.** (1997). Color changes and optimization of organoleptic properties of roasted *Polygonatum odoratum* tea. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 26:831-837.

**Song JY.** (1996). Effects of roasting conditions of sesame seed on oxidative stability and flavor characteristics of sesame oil. Dongguk University, Seoul, Korea. p. 24-25.

**Taga MS, Miller EE and Pratt DE.** (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society. 61: 928-931.

**Yokozawa T, Chen CP, Dong E, Tanaka T, Nonaka GI and Nishioka I.** (1998). Study on the inhibitory effect of tannins and flavonoids againt the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. Biochemical Pharmacology. 56:213-222.